



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000040943 A**

(43) Date of publication of application: 08.02.00

(51) Int. Cl. **H03H 17/02**
// **H04N 1/41**
H04N 7/24

(21) Application number: **11175990**

(22) Date of filing: 22.06.99

(30) Priority: 24.06.98 FR 98 9808003

(71) Applicant: **CANON INC**

(72) Inventor: **MAJANI ERIC**

(54) DIGITAL FILTER DEVICE AND ITS FILTERING METHOD

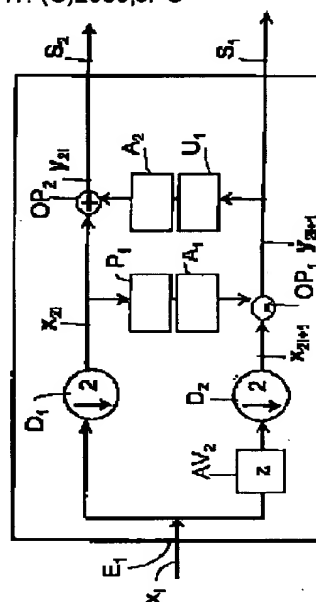
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a digital filter device and the filtering method for converting one input digital signal into two output digital signals.

SOLUTION: An input sample (x_i) is contained in an input digital signal, and an output sample (y_{2i+1}) formed of an odd order is contained in a first output digital signal. The respective samples are equal to values obtained by subtracting the approximate value of the total of input samples in a (p_k) even order, which are obtained by multiplying first filter coefficients, from the same order input sample (x_{2i}). An output sample (y_{2i}), formed of the even order, is contained in a second output digital signal. The respective samples are equal to values obtained, by subtracting the approximate value of the total of the output samples formed of an (U_k) odd order, which are obtained by multiplying the second filter coefficients, from the input sample (x_{2i}) of the same order. A second filter coefficient

(Uk) is selected from among following coefficients, namely, $[5/16, 5/16]$, $[-1/16, 5/16, 5/16, -1/16]$ and $[1/256, -15/256, 78/256, 78/256, -15/256, 1/256]$.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-40943

(P 2 0 0 0 - 4 0 9 4 3 A)

(43) 公開日 平成12年2月8日(2000.2.8)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テコード (参考)
H03H 17/02	613	H03H 17/02	613 C
	671		671 C
// H04N 1/41		H04N 1/41	Z
7/24		7/13	Z

審査請求 未請求 請求項の数35 O L (全17頁)

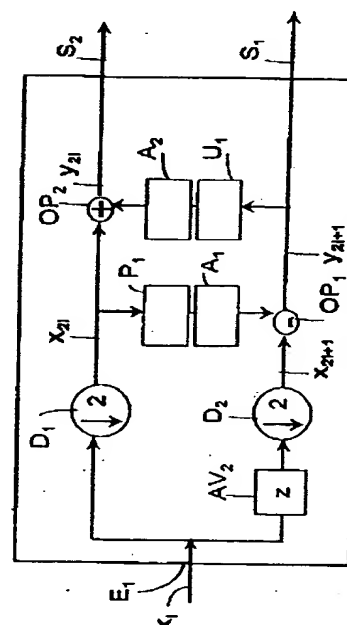
(21) 出願番号	特願平11-175990	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成11年6月22日(1999.6.22)	(72) 発明者	エリック マヤーニ フランス国 レンヌ-アタラント, セデ ックス セッソン-セヴィニエ 35517, リュ ドウ ラ トウッシューランベ ル キヤノン リサーチ センター フラ ンス エス. エー. 内
(31) 優先権主張番号	9 8 0 8 0 0 3	(74) 代理人	100076428 弁理士 大塚 康德 (外2名)
(32) 優先日	平成10年6月24日(1998.6.24)		
(33) 優先権主張国	フランス (F R)		

(54) 【発明の名称】 デジタル・フィルタ装置及びそのフィルタリング方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、一つの入力デジタル信号を二つの出力デジタル信号に変換するデジタル・フィルタ装置及びそのフィルタリング方法を提案する。

【解決手段】 入力デジタル信号には入力サンプル(x_i)が含まれ、第一出力デジタル信号には奇数順位から成る出力サンプル(y_{2i+1})が含まれ、各サンプルは、それぞれ第1のフィルタ係数を掛けた(p_k)偶数順位の入力サンプルの合計の近似値を、同じ順位入力サンプル(x_{2i})から減じた値に等しい。また第二出力デジタル信号には偶数順位から成る出力サンプル(y_{2i})が含まれ、各サンプルは、それぞれ第2のフィルタ係数を掛けた(u_k)奇数順位から成る出力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプル(x_{2i})から減じた値に等しく、第2のフィルタ係数(u_k)は、以下の係数、即ち、 $[5/16, 5/16]$, $[-1/16, 5/16, 5/16, -1/16]$, $[1/256, -15/256, 78/256, 78/256, -15/256, 1/256]$ の中から選ばれる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一つの入力デジタル信号を二つの出力デジタル信号に変換するデジタル・フィルタ装置において、

前記入力デジタル信号が入力サンプルを含み、
第一出力デジタル信号が奇数順位から成る出力サンプルを含み、奇数順位の各出力サンプルが、それぞれ第1のフィルタ係数を掛けた偶数順位の入力サンプルの合計の近似値を同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、

第二出力デジタル信号が偶数順位から成る出力サンプルを含み、各偶数順位から成る出力サンプルが、それぞれ第2のフィルタ係数を掛けた奇数順位から成る出力サンプルの合計の近似値を同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、

該第2のフィルタ係数が、以下の係数、 $[5/16, 5/16]$ 、 $[-1/16, 5/16, 5/16, -1/16]$ 、 $[1/256, -15/256, 78/256, 78/256, -15/256, 1/256]$ の中から選ばれることを特徴とするデジタル・フィルタ装置。

【請求項2】 第1のフィルタ係数が、以下の係数、 $[1/2, 1/2]$ 、 $[-1/16, 9/16, 9/16, -1/16]$ 、 $[3/256, -25/256, 150/256, 150/256, -25/256, 3/256]$ 、 $[-5/2048, 49/2048, -245/2048, 1225/2048, 1225/2048, -245/2048, 49/2048, -5/2048]$ の中から選ばれることを特徴とする請求項1に記載のデジタル・フィルタ装置。

【請求項3】 二つの入力デジタル信号を一つの出力デジタル信号に変換するデジタル・フィルタ装置において、

第一入力信号が奇数順位の入力サンプルを含み、第二入力信号が偶数順位の入力信号を含み、

前記出力デジタル信号が偶数順位と奇数順位とから成る出力サンプルを含み、

各偶数順位から成る出力サンプルが、それぞれ第3のフィルタ係数を掛けた奇数順位の入力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、

奇数順位の各出力サンプルが、第4のフィルタ係数をそれぞれ掛けた偶数順位から成る出力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルに加えた値に等しく、
前記第3のフィルタ係数が、以下の係数、 $[5/16, 5/16]$ 、 $[-1/16, 5/16, 5/16, -1/16]$ 、 $[1/256, -15/256, 78/256, 78/256, -15/256, 1/256]$ の中から選ばれることを特徴とするデジタル・フィルタ装置。

【請求項4】 前記第4のフィルタ係数が、以下の係数、 $[1/2, 1/2]$ 、 $[-1/16, 9/16, 9/16, -1/16]$ 、 $[3/256, -25/256, 150/256, 150/256, -25/256, 3/256]$ 、 $[-5/2048, 49/2048, -245/2048, 1225/2048, 1225/2048, -245/2048, 49/2048, -5/2048]$ の中から選ばれることを特徴とする請求項3に記載のデジタル・フィルタ装置。

【請求項5】 一つの入力デジタル信号を二つの出力デ

ジタル信号に変換するデジタル・フィルタ装置において、

前記入力デジタル信号が入力サンプルを含み、

中間デジタル信号が奇数順位の間サンプルを含み、奇数順位の各中間サンプルが第5のフィルタ係数をそれぞれ掛けた偶数順位の入力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、

第一出力デジタル信号が偶数順位から成る出力サンプルを含み、各偶数順位から成る出力サンプルが、第6のフィルタ係数をそれぞれ掛けた奇数順位の間サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルに加えた値に等しく、

第二出力デジタル信号が奇数順位から成る出力サンプルを含み、奇数順位の各出力サンプルが第7のフィルタ係数をそれぞれ掛けた偶数順位の間サンプルの合計の近似値を、同じ順位の中間サンプルから減じた値に等しく、

前記第7のフィルタ係数が、以下の係数、 $[5/16, 0, -5/16]$ 、 $[-1/16, 6/16, 0, -6/16, 1/16]$ 、 $[1/256, -16/256, 93/256, 0, -93/256, 16/256, -1/256]$ の中から選ばれることを特徴とするデジタル・フィルタ装置。

【請求項6】 前記第6のフィルタ係数は、以下の係数、 $[1/16, 1/2, -1/16]$ 、 $[-3/256, 22/256, 1/2, -22/256, 3/256]$ 、 $[5/2048, -44/2048, 201/2048, 1/2, -201/2048, 44/2048, -5/2048]$ の中から選ばれることを特徴とする請求項5に記載のデジタル・フィルタ装置。

【請求項7】 単一の第5のフィルタ係数を有し、該係数が1に等しいことを特徴とする請求項5又は6に記載のデジタル・フィルタ装置。

【請求項8】 二つの入力デジタル信号を一つの出力デジタル信号に変換するデジタル・フィルタ装置において、

第一入力信号が奇数順位の入力サンプルを含み、第二入力信号が偶数順位の入力信号を含み、

前記出力デジタル信号が偶数順位と奇数順位から成る出力サンプルを含み、

中間デジタル信号が奇数順位の間サンプルを含み、奇数順位の各中間サンプルが、第8のフィルタ係数をそれぞれ掛けた偶数順位の入力サンプルの合計の近似値を、

同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、
偶数順位の各出力サンプルが、第9のフィルタ係数をそれぞれ掛けた奇数順位の間サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、
奇数順位の各出力サンプルが、第10のフィルタ係数をそれぞれ掛けた偶数順位から成る出力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルに加えた値に等しく、

前記第8のフィルタ係数は、以下の係数、 $[5/16, 0, -5/16]$ 、 $[-1/16, 6/16, 0, -6/16, 1/16]$ 、 $[1/256, -16/256, 93/256, 0, -93/256, 16/256, -1/256]$ の中から選ば

れることを特徴とするデジタル・フィルタ装置。

【請求項 9】 前記第 9 のフィルタ係数は、以下の係数、 $[1/16, 1/2, -1/16]$, $[-3/256, 22/256, 1/2, -22/256, 3/256]$, $[5/2048, -44/2048, 201/2048, 1/2, -201/2048, 44/2048, -5/2048]$ の中から選ばれることを特徴とする請求項 8 に記載のデジタル・フィルタ装置。

【請求項 10】 単一の第 10 のフィルタ係数を有し、該係数が 1 に等しいことを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載のデジタル・フィルタ装置。

【請求項 11】 前記近似値が恒等関数であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のデジタル・フィルタ装置。

【請求項 12】 前記近似値が該変数に最も近い整数を与える実変数関数であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のデジタル・フィルタ装置。

【請求項 13】 前記近似値が、該変数より小さい整数を与える実変数関数であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のデジタル・フィルタ装置。

【請求項 14】 前記近似値が、該変数より大きい整数を与える実変数関数であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のデジタル・フィルタ装置。

【請求項 15】 前記近似値が、該変数に等しい合計を持つサブ変数に分割された実変数関数であり、該関数は該サブ変数の近似値を合計し、該サブ変数の近似値の各々が請求項 12 乃至 14 のいずれか 1 項と一致することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のデジタル・フィルタ装置。

【請求項 16】 請求項 1 乃至 15 のいずれか 1 項に記載のデジタル・フィルタ装置を含むことを特徴とする信号処理装置。

【請求項 17】 請求項 1 乃至 15 のいずれか 1 項に記載の少なくとも二つのデジタル・フィルタ装置を含み、前記デジタル・フィルタ装置の中の一つの出力信号がもう一つのデジタル・フィルタ装置の入力信号となることを特徴とする信号処理装置。

【請求項 18】 一つの入力デジタル信号を二つの出力デジタル信号に変換するフィルタリング方法において、前記入力デジタル信号が入力サンプルを含み、第一出力デジタル信号が奇数順位から成る出力サンプルを含み、奇数順位の各出力サンプルがそれぞれ第 1 のフィルタ係数を掛けた偶数順位の入力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、第二出力デジタル信号が偶数順位から成る出力サンプルを含み、偶数順位の各出力サンプルが、それぞれ第 2 のフィルタ係数を掛けた奇数順位から成る出力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルから減じた値

に等しく、

第 2 のフィルタ係数が、以下の係数、 $[5/16, 5/16]$, $[-1/16, 5/16, 5/16, -1/16]$, $[1/256, -15/256, 78/256, 78/256, -15/256, 1/256]$ の中から選ばれることを特徴とするフィルタリング方法。

【請求項 19】 前記第 1 のフィルタ係数が、以下の係数、 $[1/2, 1/2]$, $[-1/16, 9/16, 9/16, -1/16]$, $[3/256, -25/256, 150/256, 150/256, -25/256, 3/256]$, $[-5/2048, 49/2048, -245/2048, 1225/2048, 1225/2048, -245/2048, 49/2048, -5/2048]$ の中から選ばれることを特徴とする請求項 18 に記載のフィルタリング方法。

【請求項 20】 二つの入力デジタル信号を一つの出力デジタル信号に変換するフィルタリング方法において、第一入力信号が奇数順位の入力サンプルを含み、第二入力信号が偶数順位の入力信号を含み、前記出力デジタル信号が偶数順位と奇数順位から成る出力サンプルを含み、各偶数順位から成る出力サンプルが、それぞれ第 3 のフィルタ係数を掛けた奇数順位の入力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、

奇数順位の各出力サンプルが、第 4 のフィルタ係数をそれぞれ掛けた偶数順位から成る出力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルに加えた値に等しく、前記第 3 のフィルタ係数が、以下の係数、 $[5/16, 5/16]$, $[-1/16, 5/16, 5/16, -1/16]$, $[1/256, -15/256, 78/256, 78/256, -15/256, 1/256]$ の中から選ばれることを特徴とするフィルタリング方法。

【請求項 21】 前記第 4 のフィルタ係数が、以下の係数、 $[1/2, 1/2]$, $[-1/16, 9/16, 9/16, -1/16]$, $[3/256, -25/256, 150/256, 150/256, -25/256, 3/256]$, $[-5/2048, 49/2048, -245/2048, 1225/2048, 1225/2048, -245/2048, 49/2048, -5/2048]$ の中から選ばれることを特徴とする請求項 20 に記載のフィルタリング方法。

【請求項 22】 一つの入力デジタル信号を二つの出力デジタル信号に変換するフィルタリング方法において、前記入力デジタル信号が入力サンプルを含み、中間デジタル信号が奇数順位の中間サンプルを含み、奇数順位の各中間サンプルが、第 5 のフィルタ係数をそれぞれ掛けた偶数順位の入力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、第一出力デジタル信号が偶数順位から成る出力サンプルを含み、各偶数順位から成る出力サンプルが第 6 のフィルタ係数をそれぞれ掛けた奇数順位の中間サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルに加えた値に等しく、

第二出力デジタル信号が奇数順位から成る出力サンプルを含み、奇数順位の各出力サンプルが第 7 のフィルタ係数をそれぞれ掛けた偶数順位の中間サンプルの合計の近似値を、同じ順位の中間サンプルから減じた値に等しく、

く、

前記第7のフィルタ係数が、以下の係数、 $[5/16, 0, -5/16]$, $[-1/16, 6/16, 0, -6/16, 1/16]$, $[1/256, -16/256, 93/256, 0, -93/256, 16/256, -1/256]$ の中から選ばれることを特徴とするフィルタリング方法。

【請求項23】 前記第6のフィルタ係数が、以下の係数、 $[1/16, 1/2, -1/16]$, $[-3/256, 22/256, 1/2, -22/256, 3/256]$, $[5/2048, -44/2048, 201/2048, 1/2, -201/2048, 44/2048, -5/2048]$ の中から選ばれることを特徴とする請求項22に記載のフィルタリング方法。

【請求項24】 単一の第5のフィルタ係数を有し、該係数が1に等しいことを特徴とする請求項22又は23に記載のフィルタリング方法。

【請求項25】 二つの入力デジタル信号を一つの出力デジタル信号に変換するフィルタリング方法において、第一入力信号が奇数順位の入力サンプルを含み、第二入力信号が偶数順位の入力信号を含み、前記出力デジタル信号が偶数順位と奇数順位から成る出力サンプルを含み、

中間デジタル信号が奇数順位の中間サンプルを含み、奇数順位の各中間サンプルが第8のフィルタ係数をそれぞれ掛けた偶数順位の入力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、各偶数順位から成る出力サンプルが、第9のフィルタ係数をそれぞれ掛けた奇数順位の中間サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、

奇数順位の各出力サンプルが第10のフィルタ係数をそれぞれ掛けた偶数順位から成る出力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルに加えた値に等しく、前記第8のフィルタ係数が、以下の係数、 $[5/16, 0, -5/16]$, $[-1/16, 6/16, 0, -6/16, 1/16]$, $[1/256, -16/256, 93/256, 0, -93/256, 16/256, -1/256]$ の中から選ばれることを特徴とするフィルタリング方法。

【請求項26】 前記第9のフィルタ係数が、以下の係数、 $[1/16, 1/2, -1/16]$, $[-3/256, 22/256, 1/2, -22/256, 3/256]$, $[5/2048, -44/2048, 201/2048, 1/2, -201/2048, 44/2048, -5/2048]$ の中から選ばれることを特徴とする請求項25に記載のフィルタリング方法。

【請求項27】 単一の第10のフィルタ係数を有し、該係数が1に等しいことを特徴とする請求項25又は26に記載のフィルタリング方法。

【請求項28】 前記近似値が恒等関数であることを特徴とする請求項18乃至27のいずれか1項に記載のフィルタリング方法。

【請求項29】 前記近似値が該変数に最も近い整数を与える実変数関数であることを特徴とする請求項18乃至27のいずれか1項に記載のフィルタリング方法。

【請求項30】 前記近似値が該変数より小さい整数を与える実変数関数であることを特徴とする請求項18乃至

至27のいずれか1項に記載のフィルタリング方法。

【請求項31】 前記近似値が該変数より大きい整数を与える実変数関数であることを特徴とする請求項18乃至27のいずれか1項に記載のフィルタリング方法。

【請求項32】 前記近似値が該変数に等しい合計を持つサブ変数に分割された実変数関数であり、該関数は該サブ変数の近似値を合計し、該サブ変数の近似値の各々が請求項29乃至31のいずれか1項と一致することを特徴とする請求項18乃至27のいずれか1項に記載のフィルタリング方法。

【請求項33】 請求項18乃至32のいずれか1項に記載のフィルタリング方法を実行する手段を含むことを特徴とする信号処理装置。

【請求項34】 請求項16、17又は33に記載の信号処理装置を含むデジタル装置。

【請求項35】 請求項16、17又は33に記載の信号処理装置を含むデジタルフォトリソグラフィック装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はデジタル信号の変換に関し、特にコンパクトで、完全な復元要件を満たす左右対称双直交型のフィルタに関するものである。

【0002】

【従来の技術】デジタル信号を変換するようなフィルタは既に周知である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、その符号化効率或は符号化性能、即ち、出力／歪み比が周知のフィルタのものより大きい新規なデジタル・フィルタ装置及びそのフィルタリング方法を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】この目的のために、本発明は一つの入力デジタル信号を二つの出力デジタル信号に変換するデジタル・フィルタ装置及びそのフィルタリング方法を提案するもので、前記入力デジタル信号は入力サンプル(x_i)を含み、第一出力デジタル信号は奇数順位(odd ranking)から成る出力サンプル(y_{2i+1})を含み、奇数順位の各出力サンプルは、それぞれ第1のフィルタ係数(p_k)を掛けた偶数順位の入力サンプル(x_{2i})の合計の近似値を減じた同じ順位の入力サンプルと等しく、第二出力デジタル信号は偶数順位から成る出力サンプル(y_{2i})を含み、偶数順位から成る各出力サンプルは、それぞれ第2のフィルタ係数(u_k)を掛けた奇数順位から成る出力サンプルの合計の近似値を同じ順位の入力サンプル(x_{2i})から減じた値に等しく、前記第2のフィルタ係数(u_k)は、以下の係数、 $[5/16, 5/16]$, $[-1/16, 5/16, 5/16, -1/16]$, $[1/256, -15/256, 78/256, 78/256, -15/256, 1/256]$ の中から選ばれることを特徴とする。

7

【0005】これらのフィルタ係数によって、公知のフィルタの性能より良好な性能を持つ分析フィルタを構成することが可能となる。

【0006】好適な特徴に従って、該第1のフィルタ係数は、以下の係数、 $[1/2, 1/2]$, $[-1/16, 9/16, 9/16, -1/16]$, $[3/256, -25/256, 150/256, 150/256, -25/256, 3/256]$, $[-5/2048, 49/2048, -245/2048, 1225/2048, 1225/2048, -245/2048, 49/2048, -5/2048]$ の中から選ばれる。

【0007】このようにして組み立てられたフィルタは奇数長の分析フィルタである。

【0008】本発明はまた、二つの入力デジタル信号を一つの出力デジタル信号に変換するデジタル・フィルタ装置及びそのフィルタリング方法を提案するものであり、第一入力信号は奇数順位の入力サンプル(y_{2i+1})を含み、第二入力信号は偶数順位の入力信号(y_{2i})を含み、該出力デジタル信号は奇数順位と偶数順位から成る出力サンプル(x_i)を含み、偶数順位から成る各出力サンプルは、それぞれ第3のフィルタ係数(u_k)を掛けた奇数順位の入力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプル(x_{2i})から減じた値に等しく、奇数順位の各出力サンプル(x_{2i+1})は、それぞれ第4のフィルタ係数(p_k)を掛けた偶数順位から成る出力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルに加えた値に等しく、該第3のフィルタ係数(u_k)は、以下の係数、 $[5/16, 5/16]$, $[-1/16, 5/16, 5/16, -1/16]$, $[1/256, -15/256, 78/256, 78/256, -15/256, 1/256]$ の中から選ばれることを特徴とする。

【0009】これらのフィルタ係数によって、公知の合成フィルタの性能より良好な性能を持つ、上記分析フィルタに対応する合成フィルタを構成することができる。

【0010】好適な特徴に従って、該第4のフィルタ係数は、以下の係数、 $[1/2, 1/2]$, $[-1/16, 9/16, 9/16, -1/16]$, $[3/256, -25/256, 150/256, 150/256, -25/256, 3/256]$, $[-5/2048, 49/2048, -245/2048, 1225/2048, 1225/2048, -245/2048, 49/2048, -5/2048]$ の中から選ばれる。

【0011】このように組み立てられたフィルタは奇数長の合成フィルタである。

【0012】本発明はまた一つの入力デジタル信号を二つの出力デジタル信号に変換するデジタル・フィルタ装置及びそのフィルタリング方法をも提案するものである。

【0013】前記入力デジタル信号は入力サンプル(x_i)を含み、中間デジタル信号は奇数順位の中間サンプル(y_{2i+1})を含み、奇数順位の各中間サンプルは、第5のフィルタ係数をそれぞれ掛けた偶数順位の入力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、第一出力デジタル信号は偶数順位から成る出力サンプル(y_{2i})を含み、偶数順位から成る各出力サ

8

ンプルは、第6のフィルタ係数(v_k)をそれぞれ掛けた奇数順位の中間サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルに加えた値に等しく、第二出力デジタル信号は奇数順位から成る出力サンプル(z_{2i+1})を含み、奇数順位の各出力サンプルは、第7のフィルタ係数(q_k)をそれぞれ掛けた偶数順位の中間サンプルの合計の近似値を、同じ順位の中間サンプルから減じた値に等しく、前記第7のフィルタ係数(q_k)は、以下の係数、 $[5/16, 0, -5/16]$, $[-1/16, 6/16, 0, -6/16, 1/16]$, $[1/256, -16/256, 93/256, 0, -93/256, 16/256, -1/256]$ の中から選ばれることを特徴とする。

【0014】これらのフィルタ係数によって、公知のフィルタの性能より良好な性能を持つ一群の分析フィルタを組み立てることが可能となる。

【0015】好適な特徴に従って、該第6のフィルタ係数(v_k)は以下の係数、 $[1/16, 1/2, -1/16]$, $[-3/256, 2/256, 1/2, -22/256, 3/256]$, $[5/2048, -44/2048, 201/2048, 1/2, -201/2048, 44/2048, -5/2048]$ の中から選ばれる。

【0016】このように組み立てられたフィルタは偶数長の分析フィルタである。

【0017】もう一つの好適な特徴に従って、単一の第5のフィルタ係数があり、その係数は1である。従って実行は単純化される。

【0018】本発明はまた、二つの入力デジタル信号を一つの出力デジタル信号に変換するようになっているデジタル・フィルタ装置及びそのフィルタリング方法に関し、第一入力信号は奇数順位の入力サンプル(z_{2i+1})を含み、第二入力信号は偶数順位の入力信号(y_{2i})を含み、該出力デジタル信号は奇数順位と偶数順位から成る出力サンプル(x_i)を含み、中間デジタル信号は奇数順位の中間サンプル(y_{2i+1})を含み、奇数順位の各中間サンプルは、第8のフィルタ係数(q_k)をそれぞれ掛けた偶数順位の入力サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、偶数順位から成る各出力サンプルは、第9のフィルタ係数(v_k)をそれぞれ掛けた奇数順位の中間サンプルの合計の近似値を、同じ順位の入力サンプルから減じた値に等しく、奇数順位の各出力サンプル(x_{2i+1})は、第10のフィルタ係数をそれぞれ掛けた偶数順位から成る出力サンプルの合計の近似値を同じ順位の入力サンプルに加えた値に等しく、第8のフィルタ係数(q_k)は、以下の係数、 $[5/16, 0, -5/16]$, $[-1/16, 6/16, 0, -6/16, 1/16]$, $[1/256, -16/256, 93/256, 0, -93/256, 16/256, -1/256]$ の中から選ばれることを特徴とする。

【0019】これらのフィルタ係数によって、上記分析フィルタに対応し、公知のフィルタの性能より良好な性能を持つ合成フィルタ群を構成することが可能となる。

【0020】好適な特徴に従って、第9のフィルタ係数(v_k)は、以下の係数、 $[1/16, 1/2, -1/16]$, $[-3/256, 2$

2/256, 1/2, -22/256, 3/256], [5/2048, -44/2048, 201/2048, 1/2, -201/2048, 44/2048, -5/2048]の中から選ばれる。

【0021】このように組み立てられたフィルタは偶数長の合成フィルタである。

【0022】もう一つの好適な特徴に従って、単一の第10のフィルタ係数があり、その係数は1に等しい。従って実行は単純化される。

【0023】好適な及び二者択一の特徴に従って、前記近似値は恒等関数であるか、或は該近似値は該変数に最も近い整数を与える実変数関数であるか、或は、該近似値は該変数以下の整数を与える実変数関数であるか、該近似値は該変数より大きい整数を与える実変数関数であるか、再度該近似値がサブ変数に分割された実変数関数であり、該サブ変数の合計が該変数に等しく、該合計が該サブ変数の近似値を合計し、該サブ変数の近似値の各々は前に定義したものと同様である。

【0024】本発明はまた、以前に定義したようなフィルタを含む信号処理装置または、これに対応する方法を実行する手段にも関する。

【0025】本発明はまた以前に定義したような少なくとも二つのフィルタ信号処理装置に関し、これらフィルタの一つの出力信号はもう一方のフィルタの入力信号である。

【0026】本発明はまた該信号処理装置を含むデジタル装置に関する。

【0027】この信号処理装置と該デジタル装置の利点は、上述した利点と同一である。

【0028】この装置中に一体化されているいないに拘わらず、コンピュータ、即ちマイクロプロセッサによって読み出すことができる情報格納手段によって、フィルタリング方法を実行するプログラムが格納される。

【0029】本発明の特徴と利点は、添付図面が例示する好適な実施の形態によって、より明瞭となるであろう。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の好適な実施の形態を詳細に説明する。

【0031】図1に示す実施の形態に従って、本発明の実施の形態に係るデータ処理装置は、非符号化データのソース1が接続されている入力部24を有するデータ符号化装置2である。この符号化装置2は、コンピュータ機器、デジタルフォトグラフィック装置、或はファクシミリ装置などのようなデジタル装置の中に組み込まれてもよい。

【0032】ソース1は、例えば非符号化データを格納するためのランダム・アクセスメモリー、ハードディスク、フロッピーディスク或はコンパクトディスクのようなメモリ手段を有し、このメモリ手段はメモリ手段の中のデータを読み出すための適当な読み出し手段と連動し

ている。また、このメモリ手段にデータを記録する手段を設けることもできる。このソース1は、このデジタル装置に一体化して組み込まれてもよい。

【0033】以後特に本実施の形態では、符号化対象データは画像IMを表す一連のデジタルサンプルであると考えることとする。

【0034】ソース1は、符号化回路2の入力部24に、デジタル画像信号SIを供給する。この画像信号SIは、例えばバイトのような一連のデジタルワードである。各バイト値は、256階調のグレーレベル(濃度)、即ち白黒画像を持つ画像IMの画素を表す。この画像は、マルチスペクトル画像、例えば赤/緑/青、又は輝度と色差タイプから成る3つの周波数帯域成分を持つカラー画像であってもよい。各帯域は次いで単一スペクトル画像に対する場合と同様に処理される。

【0035】符号化データを利用する手段3は、符号化装置2の出力部25に接続される。ユーザ手段3には、例えば符号化データの格納手段及び/又は符号化データの伝送手段などが含まれる。

【0036】符号化装置2は、入力部24から始めて、特に本発明の実施の形態に関連する変換回路21を有しており、これらは各実施の形態に関連して詳述する。本実施の形態に係る変換とは、信号分析を行うための、データ信号の周波数サブ帯域への分割(breakdown)である。

【0037】この変換回路21は量子化回路22に接続されている。この量子化回路22では、それ自体既知の量子化、即ち、変換回路21から与えられる周波数サブ帯域の係数又は係数群のスカラー量子化、或はベクトル量子化などが行われる。

【0038】量子化回路22は、エントロピー型符号化回路23と接続されており、この回路23では、エントロピー型符号化、即ち、量子化回路22によって量子化されたデータのハフマン符号化や算術符号化などが行われる。

【0039】図2は、本実施の形態に係る他のデータ処理装置の構成を示すブロック図で、装置2によって符号化したデータを、装置5により復号化するための構成を示している。

【0040】符号化データを利用する手段4が、復号化装置5の入力部54に接続されている。この手段4には、符号化データのメモリ手段及び/又は伝送手段3によって伝送された符号化データを受信するように設けられた符号化データの受信手段などが含まれる。

【0041】復号化データを利用する手段6は、この復号化装置5の出力部55に接続されている。このユーザ手段6は、処理されるデータの性質に応じた、画像表示手段や音声復元手段などである。

【0042】この復号化装置5全体は、符号化装置2の動作とは逆の動作を行う。復号化装置5はエントロピー

型復号化回路51を有し、この復号化回路51は、回路23の符号化に対応するエントロピー型の復号化を行う。この復号化回路51は、量子化回路22に対応する逆量子化回路52と接続されている。この逆量子化回路52は、変換回路21に対応する逆変換回路53と接続されている。この逆変換回路53は、特に本実施の形態の特徴部分である。以下いくつかの実施の形態について詳述する。本実施の形態に係る変換は、周波数サブ帯域からデジタル信号の合成を行うものである。

【0043】これらの符号化装置2と復号化装置5とを10 デジタルカメラなどの同じデジタル装置の中に一体化して組込んで良い。この場合、データ処理装置ではデータの符号化と復号化とが行われる。

【0044】次に図3を参照して、本発明の実施の形態に係る装置10の一例を説明する。この装置10は、デジタル信号を変換し、以下に展開する例に従って、この信号を変換し、或は解析、又は合成し、或はこの信号を分析し次いで合成する。

【0045】この装置10は、本実施の形態では、通信バス101を有するマイクロコンピュータであり、この20 バス101には、中央演算装置100、リードオンリメモリ(RAM)102、ランダム・アクセスメモリ(RAM)103、スクリーン104、キーボード114、ハードディスク108、フロッピーディスク110を収容するフロッピーディスクドライブ109、通信ネットワーク113と通信するためのインターフェース112、マイクロホン111に接続される入/出力カード106などが接続されている。

【0046】ハードディスク108は、本実施の形態に係るプログラム並びに、符号化対象データと、本実施の30 形態において符号化されたデータを格納する。これらのプログラムはフロッピーディスク110から読み出すこともできるし、通信ネットワーク113を介して受信したり、またリードオンリメモリ102に格納しておくこともできる。

【0047】より一般的には、本発明の実施の形態に準拠したプログラムは、格納手段に格納される。この格納手段は、コンピュータ、即ちマイクロプロセッサによって読み出すことができる。この格納手段は、この該装置に組込まれてもよく、別体でもよく、移動可能なもので40 あってもよい。例えば、この格納手段としては、磁気テープ、フロッピーディスク、或はCD-ROM(固定格納装置用コンパクトディスク)が含まれてもよい。

【0048】この装置の電源がオンされると、本実施の形態に係るプログラムがランダム・アクセスメモリ103に転送され、このメモリ103には本実施の形態の処理が実行可能なコード、及びそれに必要な変数などが含まれる。

【0049】この装置10は、デジタルフォトグラフィック装置やスキャナ、或はデータを取得または格納する50

任意の他の手段のような周辺装置107から、符号化対象データを受信することができる。

【0050】また、この装置10は、通信ネットワーク113を介して遠隔装置から符号化対象データを受信し、また通信ネットワーク113を介して遠隔装置へ符号化データを伝送することもできる。

【0051】この装置10はまた、マイクロホン111から符号化対象データを受信することもできる。この場合これらのデータは音声信号である。

【0052】スクリーン104によって、ユーザは符号化すべきデータを明示的に見ることができ、またキーボード114を用いて、ユーザインターフェースのように、スクリーンを機能させることができる。

【0053】図4を参照すると、変換回路21、即ち分析回路は2レベルの2つの部分を有する分割回路である。本実施の形態では、変換回路21は、それぞれ2つにブレイクダウンする区分回路(decimator)と関連している従来型の一組のフィルタであり、このフィルタは画像信号をそれぞれ垂直と水平の二つの方向にフィルタし、高域及び低域の空間周波数を示すサブ帯域信号に変える。高域通過フィルタと低域通過フィルタの関係は、信号の完全な復元条件によって決定される。以後、本実施の形態では、様々な例のフィルタを考察する。なお、ここで垂直と水平の分割フィルタは一般には同一であるが、必ずしも同一というわけではないということに留意すべきである。本実施の形態の変換回路21は、二つの解像度レベルに従って画像IMをサブ帯域信号に分割するための、二つの連続した分析装置B1とB2とを有している。

【0054】一般に、信号の解像度は、この信号を表すために使用される単位長さ当たりのサンプル数に相当している。画像信号の場合、サブ帯域信号の解像度は、このサブ帯域信号を水平及び垂直に表すために用いられる単位長さ当たりのサンプル数に関連する。この解像度は、実行されるブレイクダウン(decimation)の数、区分けファクタ及び初期画像の解像度に依存する。

【0055】第一の分析装置B1は、デジタル画像信号SIを受信し、二つのデジタル・フィルタ(それぞれ低域及び高域通過フィルタ210と220)に、この画像信号SIを入力する。これら2つのフィルタは、第一方向(例えば画像信号の場合、水平方向)に、この画像信号を濾波する。2つに分ける区分回路D210とD220の中を通過した後、その結果として生じるフィルタされた信号は、二つの低域通過フィルタ230と250及び高域通過フィルタ240と260にそれぞれ印加され、これらのフィルタは第二方向(例えば画像信号の場合は垂直方向)に、この信号を濾波する。こうして得られた濾波された各信号は、それぞれの2つにわかる区分回路D230、D240、D250、D260を通過する。第一装置B1は、該分割時に最も高い解像度RESIで、

4つのサブ帯域信号LL1、LH1、HL1、HH1を出力する。

【0056】サブ帯域信号LL1は、両方向での低周波画像信号成分、又は係数を含む。サブ帯域信号LH1は、第一方向の低周波画像信号成分と第二方向の高周波画像信号成分を含んでいる。またサブ帯域信号HL1には、第二方向の低周波成分と第一方向の高周波成分とが含まれる。最後にサブ帯域信号HH1には、両方向の高周波成分が含まれる。

【0057】各サブ帯域信号は、原画像から得られた実数の係数セットであり、この係数セットには、所定の周波数帯域での画像輪郭のそれぞれ垂直、水平及び斜めの方向に対応する情報が含まれる。また各サブ帯域信号は1つの画像に同化されてもよい。

【0058】サブ帯域信号LL1は、前の分析装置と類似した分析装置B2によって分析され、解像度レベルRES2の4つのサブ帯域信号LL2、LH2、HL2、HH2を供給している。これら解像度RES2のサブ帯域信号の各々は画像の方向にも対応している。

【0059】この分析回路の構造から得られる構造を備える合成回路は、所定の分析回路21に対応する。

【0060】本実施の形態における全てのフィルタは、左右対称、双直交型で、コンパクトで、完全な復元要件を満たしている。

【0061】以下本実施の形態では、高域通過フィルタ、低域通過フィルタ及び区分け回路を有する基本的な分析装置BEを、高域通過フィルタ、低域通過フィルタ及び補間回路を有する対応する基本的な合成装置と同様に説明する。

【0062】当然のことながら、装置の一つの出力部がもう一つの装置の入力部と接続するように基本的な分析装置BE、或はそれぞれ基本的な合成装置を組み合わせ

$$y_{2i+1} = x_{2i+1} - APP(\sum_{pk} x_{2(i+k)}) \quad \cdots \text{式(1)}$$

ここで Σ は、 $k = (1-m)$ から m までの総和を示している。

【0069】またAPPは、実数の近似値を与える近似化装置A1によって作成された関数である。この近似値は、実数そのものであってもよく、その場合、APP関数は恒等式である。この近似値は、実数未満の整数、その実数より大きい整数、或はその実数にもっとも近い整数となる場合もある。

【0070】このフィルタP1と近似化装置A1とが結合されることにより、フィルタ係数を掛けたサンプルの合計を部分和に分割することができ、その時、その近似値は、上で定義したように、部分和の近似値の合計となる。

【0071】式(1)で、パラメータpkは第1のフィ

$$y_{2i} = x_{2i} + APP(\sum_{uk} y_{2(i+k)} - I) \quad \cdots \text{式(2)}$$

ここで Σ は $k = (1-n)$ から n までの総和を示し、uは第2のフィルタ係数、即ち、フィルタU1の現在の係

て使用することができる。このようにして任意の分析或は合成回路のそれぞれを形成することができる。

【0063】図5は、実施の形態1に係る、デジタル信号の分析フィルタを行う基本的な変換装置の構成を示すブロック図である。この実施の形態では、Wim Sweldens、Siamによる論文“リフティング・スキーム(The Lifting Scheme)：第二世代ウェーブレット(wavelets)の組み立て”(J. Math. Anal.、第29巻、No.2、p.511-546、1997年)に開示されているような装置BEに相当するものである。

【0064】この装置は入力E1を有し、この入力E1に変換対象の信号が印加される。この変換対象の信号には一連のサンプル $\{x_i\}$ が含まれ、ここでiはサンプル順位を示す指標である。

【0065】入力E1は、2つに区分する第一区分回路D1に接続されており、この区分回路D1は、偶数順位のサンプル $\{x_{2i}\}$ を供給する。この入力E1はまた、2つに区分する区分回路D2に先行するアドバンス(advance)Av2とも接続されており、この区分回路D2は、奇数順位のサンプル $\{x_{2i+1}\}$ を供給している。

【0066】ここで第一区分回路D1は、第1のフィルタP1と接続されており、偶数順位のサンプルを濾波し、その濾波したサンプルを第一近似化装置A1に供給している。以下、このフィルタP1と近似化装置A1について詳述する。

【0067】近似化装置A1の出力部と第二区分回路D2の出力とは、減算を行う第一オペレータOP1に接続されている。このオペレータOP1は、基本装置の第一出力部S1に接続されており、このオペレータOP1は次式(1)に従って計算される高周波数サンプル y_{2i+1} を含むデジタル信号を出力している。

【0068】

ルタ係数、即ちフィルタP1の現在の係数であり、パラメータkはフィルタ係数を示す指標であり、パラメータmはフィルタP1の長さ(2・mに等しい)を決定する。

【0072】オペレータOP1の出力はまた、第二近似化装置A2に接続された第二フィルタU1とも接続されている。この第二近似化装置A2は、第二オペレータOP2と接続され、この第二オペレータOP2には、2つに区分する区分回路D1の出力も接続されている。この第二オペレータOP2は総和計算を行う。

【0073】この第二オペレータOP2の出力は、変換装置の第二出力S2となっており、この第二出力S2は、次式(2)に従って計算された低周波数サンプル y_{2i} を含むデジタル信号を出力する。

【0074】

数であり、パラメータnはフィルタU1の長さを決定する。尚、この関数APPは、以前に説明した関数の一つ

であってもよい。

【0075】図6は、基本的な合成装置、即ち図5の装置に対する逆変換を示す実施の形態1に係る構成を示すブロック図である。この変換装置は、変換対象の第一信号が印加される第一入力E10と、変換対象の第二信号が印加される第二入力E11とを有する。

【0076】これらの変換対象の信号には、この場合、図5の分析装置によるデジタル画像の分析濾波後に得られたサンプルが含まれる。これらのサンプルは、分析と合成の間の他の処理によって修正されている可能性があ 10 る。

【0077】より正確に述べると、変換対象の第一信号には高周波数サンプル $\{y_{2i+1}\}$ が含まれ、変換対象の第二信号には低周波数サンプル $\{y_{2i}\}$ が含まれる。

$$x_{2i} = y_{2i} + APP(\sum u_k \cdot y_{2(i+k)-1}) \quad \dots \text{式 (3)}$$

ここで Σ は $k = (1-n)$ から n までの総和を示し、 u_k は、この場合第2の係数、即ちフィルタU1の現在の係数と同一の第3のフィルタ係数であり、パラメータ n は、フィルタU1(2. n に等しい)の長さを決定する。また関数APPは以前に説明した関数の一つであって 20 もよい。

【0082】オペレータOP10の出力は、近似化装置A11に接続されたフィルタP1に接続されている。この近

$$x_{2i+1} = y_{2i+1} + APP(\sum p_k \cdot x_{2(i+k)}) \quad \dots \text{式 (4)}$$

ここで Σ は、 $k = (1-m)$ から m までの総和を示し、 p_k はこの場合第1の係数、即ちフィルタP1の現在の係数と同一の第4のフィルタ係数であり、パラメータ m は、フィルタP1の長さ(2. m に等しい)を決定する。また、関数APPは以前に説明した関数の一つであって 30 もよい。

【0085】オペレータOP10の出力は、2つおき補間回路IN10と接続されており、オペレータOP10の出力は、遅延回路R10と接続された2つおき補間回路IN11と接続されている。この補間回路IN10と遅延回路R10とは、その出力S10で、復元されたサンプル x_i を含む信号を出力するために加算を行うオペレータOP13に接続されている。

【0086】次に図7を参照して、フィルタP1について詳述する。このフィルタP1は、式 $P1(z) = \sum p_k \cdot z^k$ で表される。なお、 $\{z^k\}$ は z の k 乗を示す。

【0087】本実施の形態では、係数 p_k のセットは、論文“リフティング・スキーム：双直交型のウェーブレットのカスタム設計組み立て”(Wim Sweldens, “応用及び演算調和分析”で発表、3(2):p.186-200, 1996年)に開示されているような、Deslauriers-Dubucに由来する補間回路フィルタ群から選ばれており、パラメータ m の4つの値について、その中の4つの例が挙げられている。

【0088】第一のセットは、係数 $p_0 = 1/2$ と $p_1 = 1/2$ を含む。

【0078】この合成装置は、分析装置の構造と類似の構造を有し、分析装置の構造から簡単に合成装置の構造を得ることができる。特に合成装置では分析装置と同じフィルタP1とU1が使用される。

【0079】入力E10は、フィルタU1に接続され、このフィルタU1は、近似化装置A10に接続されている。この近似化装置A10は入力E11に接続しているオペレータOP10と接続している。このオペレータOP10は減算を行う。

【0080】オペレータOP10の出力は、次式(3)に従って計算された、復元された偶数順位のサンプル x_{2i} を含むデジタル信号を出力する。

【0081】

似化装置A11は、入力E10に接続されているオペレータOP11とも接続されている。このオペレータOP11は加算を行う。

【0083】このオペレータOP11の出力は、次式(4)に従って計算された奇数順位 x_{2i+1} の復元されたサンプルを含むデジタル信号を出力する。

【0084】

【0089】第二のセットは、係数 $p_{-1} = -1/16$, $p_0 = 9/16$, $p_1 = 9/16$, $p_2 = -1/16$ を含む。

【0090】第三のセットは、係数 $p_{-2} = 3/256$, $p_{-1} = -25/256$, $p_0 = 150/256$, $p_1 = 150/256$, $p_2 = -25/256$, $p_3 = 3/256$ を含む。

30 【0091】第四のセットは、係数 $p_{-3} = -5/2048$, $p_{-2} = 49/2048$, $p_{-1} = -245/2048$, $p_0 = 1225/2048$, $p_1 = 1225/2048$, $p_2 = -245/2048$, $p_3 = 49/2048$, $p_4 = -5/2048$ を含む。

【0092】次に図8を参照して、フィルタU1について詳述する。このフィルタU1は、式 $U1(z) = \sum u_k \cdot z^k$ で表される。

【0093】ここで Σ は $k = (1-n)$ から n までの総和を示している。

40 【0094】本実施の形態において、係数 u_k のセットは、三つのセットの中から選ばれる。第一のセットは、係数 $u_0 = 5/16$ と $u_1 = 5/16$ を含む。第二のセットは、係数 $u_{-1} = -1/16$, $u_0 = 5/16$, $u_1 = 5/16$, $u_2 = -1/16$ を含む。第三のセットは、係数 $u_{-2} = 1/256$, $u_{-1} = -15/256$, $u_0 = 78/256$, $u_1 = 78/256$, $u_2 = -15/256$, $u_3 = 1/256$ を含む。

【0095】フィルタP1の中のいずれか一つをフィルタU1の中のいずれか一つと組み合わせることが可能である。しかし、理論的にもまた実験的にも、一定の組み合わせの方が優れた性能を有する。

50 【0096】好適な組み合わせが図9に示されている。

第一の好適な組み合わせには、係数 $p-1=-1/16$, $p0=9/16$, $p1=9/16$, $p2=-1/16$ を持つフィルタ $P1$ と、係数 $u0=5/16$ と $u1=5/16$ とを持つフィルタ $U1$ とが含まれる。このように作成された基本的な分析及び合成装置は9/7フィルタであり、ここで9は低域通過フィルタの長さであり、7は高域通過フィルタの長さである。

【0097】第二の好適な組み合わせには、係数 $p-1=-1/16$, $p0=9/16$, $P1=9/16$, $p2=-1/16$ を持つフィルタ $P1$ と、係数 $u-1=-1/16$, $u0=5/16$, $u1=5/16$, $u2=-1/16$ を持つフィルタ $U1$ とが含まれる。このように作成された基本的な分析及び合成装置は13/7フィルタであり、ここで13は低域通過フィルタの長さであり、7は高域通過フィルタの長さである。

【0098】また第三の好適な組み合わせには、係数 $p-2=3/256$, $p-1=-25/256$, $p0=150/16$, $p1=150/16$, $p2=-25/256$, $p3=3/256$ を持つフィルタ $P1$ と、係数 $u-1=-1/16$, $u0=5/16$, $u1=5/16$, $u2=-1/16$ を持つフィルタ $U1$ とが含まれる。このように作成された基本的な分析及び合成装置は、17/11フィルタであり、ここで17は低域通過フィルタの長さであり、11は高域通過フィルタの長さである。

【0099】このように作成された変換装置は奇数長のフィルタである。Gilbert Strang及びTruong Nguyen著“ウェーブレットフィルタ・バンク”(Wellesley-Cambridge出版局、1996年、p.216-218)に記載されているバランス技術に従って、奇数長のフィルタに対応する偶数長のフィルタを組み立てることが可能であり、その逆も可能である。

【0100】したがって、装置BE(図4)の、例えば奇数長の分析フィルタが $H0(z)$ と $H1(z)$ として示されれば、偶数長の“双子”装置 $H0\text{twin}(z)$ と $H1\text{twin}(z)$ は次式によって計算される。

$$\begin{aligned} H0\text{twin}(z) &= H1(-z)/((1+z^{*-1})/2) \\ H1\text{twin}(z) &= H0(-z) \cdot ((1-z^{*-1})/2) \end{aligned}$$

上式をフィルタ $H0\text{twin}(z)$ と $H1\text{twin}(z)$ に適用すると、フィルタ $H1(z)$ と $H1(z)$ とが与えられる。

【0102】従って、偶数長のフィルタリングと奇数長のフィルタリングとの間には双一意対応がある。以下本実施の形態では、偶数長のフィルタの組み立てについて説明する。

【0103】図10は、デジタル信号の分析濾波を行う基本的な変換装置の他の実施の形態を説明する図である。この実施の形態は、Wim Sweldens, Siamによる論文“リフティング・スキーム：第二世代ウェーブレッ

$$y2i = x2i + APP(\sum v_k \cdot y2(i+k) - 1) \quad \dots \text{式(6)}$$

ここで Σ は $k = (1-nl)$ から nl までの総和を示し、 vk は第6のフィルタ係数、即ちフィルタ $U2$ の現在の係数であり、パラメータ nl はフィルタ $U2$ の長さを決定する。また関数 APP は以前に説明した関数の一つであってもよい。

ト(wavelets)の組み立て”(J. Math. Anal., 第29巻, No.2, p.511-546, 1997年)に開示されているような装置BEの実施の形態に相当するものである。

【0104】図5の基本装置と比較すると三つのフィルタが存在することにより前述の実施の形態とは異なっている。

【0105】この装置は、変換対象の信号が印加される入力E20を有する。この変換対象の信号E20には一連のサンプル $\{x_i\}$ が含まれ、 i はサンプル順位を示す指標である。

【0106】入力E20は、偶数順位のサンプル $\{x_i\}$ を出力する、2つに区分する区分回路D20に接続されている。この入力E20はまた、奇数順位のサンプル $\{x_{2i+1}\}$ を出力する第二区分回路D21に先行するアドバンス A_{v21} とも接続されている。

【0107】この第一区分回路D20は、偶数順位のサンプルを濾波する第1のフィルタ $P2$ と接続され、第一近似化装置A20に該サンプルを供給している。

【0108】この近似化装置A20の出力と、第二区分回路D21の出力とは、減算を行う第一オペレータOP20に接続されている。フィルタ $P2$ は、 $P2(z)=1$ となるように選ばれる。ここで、1は第5のフィルタ係数であり、該近似化装置A20は、該変数に等しいある変数の近似値を出力する。

【0109】その結果、オペレータOP20は、次式(5)に従って計算された中間サンプル y_{2i+1} を出力する。

$$y_{2i+1} = x_{2i+1} - x_{2i} \quad \dots \text{式(5)}$$

この式(5)は、選ばれたフィルタ $P2$ と近似化についての式(1)の特別の場合である。

【0111】第一オペレータOP20の出力はまた、第二近似化装置A21と接続された第二フィルタ $U2$ とも接続されている。

【0112】この第二近似化装置A21は、2つに区分する第一区分回路D20とも接続されている第二オペレータOP21と接続されている。この第二オペレータOP21は加算計算を行う。

【0113】第二オペレータOP21の出力は、変換装置の第二出力S21であり、この第二出力部S21は次式(6)に従って計算される低周波数サンプル y_{2i} を含むデジタル信号を出力する。

$$y_{2i} = x_{2i} + APP(\sum v_k \cdot y_{2(i+k)} - 1) \quad \dots \text{式(6)}$$

【0115】第二オペレータOP21の出力はまた、サンプル y_{2i} を濾波し、第三の近似化装置A22へ、このサンプルを供給する第三のフィルタ $Q2$ とも接続されている。このオペレータOP21はまた、減算を行う第三のオペレータOP22とも接続されている。

【0116】オペレータOP22は、基本装置の第一出力S20に接続されており、この第一出力S20は、次式(7)に従って計算される高周波数サンプル z_{2i+1} を含む

$$z_{2i+1} = y_{2i+1} - APP(\sum q_k \cdot y_2(i+k)) \quad \cdots \text{式 (7)}$$

ここで Σ は $k = (1 - m_l)$ から m_l までの総和を示し、パラメータ q_k は第7のフィルタ係数、即ちフィルタQ2の現在の係数であり、パラメータ m_l はフィルタQ2の長さを決定する。また、関数APPは以前に説明した関数の一つであってもよい。

【0118】図11は、ある基本的な合成装置、即ち図10の基本的な合成装置に対する逆変換であるもう一つの実施の形態を説明する図である。この変換装置は、変換対象の第一信号が印加される第一入力E30と、変換対象の第二信号が印加される第二入力E31とを有する。

【0119】これらの変換対象の信号には、図10の分析装置によるデジタル画像の分析濾波後に得られるサンプルが含まれる。

【0120】より正確に述べると、変換対象の第一信号には高周波数サンプル $\{z_{2i+1}\}$ が含まれ、変換対象の第

$$y_{2i+1} = z_{2i+1} + APP(\sum q_k \cdot y_2(i+k)) \quad \cdots \text{式 (8)}$$

ここで Σ は $k = (1 - m_l)$ から $(m_l - 1)$ までの総和を示し、 q_k は第7の係数、即ちフィルタQ2の現在の係数と同一の第8のフィルタ係数であり、パラメータ m_l はフィルタQ2の長さを決定する。尚、この関数APPは以前に説明した関数の一つであってもよい。

【0125】第一オペレータOP30の出力は、第二近似化装置A31と接続されたフィルタU2と接続されている。この第二近似化装置A31は、第二オペレータOP31

$$x_{2i} = y_{2i} - APP(\sum v_k \cdot y_2(i+k) - 1) \quad \cdots \text{式 (9)}$$

ここで Σ は $k = (1 - n_l)$ から $(n_l - 1)$ までの総和を示し、 v_k は第6の係数、即ちフィルタU2の現在の係数と同一の第9のフィルタ係数であり、パラメータ n_l はフィルタU2の長さを決定する。また、関数APPは以前に説明した関数の一つであってもよい。

【0128】オペレータOP31の出力は、近似化装置A32と接続されたフィルタP2に接続されている。この近似化装置A32は、第三のオペレータOP32に接続されており、この第三のオペレータOP32には、オペレータOP30の出力も接続されている。

【0129】対応する分析装置の場合と同様、フィルタP2は $P_2(z) = 1$ となるように選ばれ、近似化装置A32はこの変数に等しいある変数の近似値を出力する。

【0130】オペレータOP32は加算を行い、その出力で次式(10)に従って計算された奇数順位 x_{2i+1} の復元されたサンプルを含むデジタル信号を出力する。

【0131】

$$x_{2i+1} = y_{2i+1} + x_{2i} \quad \cdots \text{式 (10)}$$

この式(10)には、1に等しい第10のフィルタ係数が含まれる。オペレータOP31の出力は、2つおき補間回路IN31と接続されており、オペレータOP32の出力

むデジタル信号を出力する。

【0117】

二信号には低周波数サンプル $\{y_{2i}\}$ が含まれる。

【0121】この合成装置は、分析装置の構造と類似の構造を有し、この分析装置の構造から簡単にその構造を得ることができる。特に、合成装置では分析装置と同じフィルタP2、U2、Q2が使用される。

【0122】入力E30は、合計を計算するオペレータOP30と接続されている。入力E31は第一近似化装置A30と接続されたフィルタQ2と接続されている。また、この近似化装置A30は、第一オペレータOP30とも接続されている。

【0123】オペレータOP30の出力は、次式(8)に従って計算された中間サンプル y_{2i+1} を含むデジタル信号を出力する。

【0124】

と接続されており、入力E31は第二オペレータOP31とも接続されている。このオペレータOP31は減算を行う。

【0126】オペレータOP31の出力は、次式(9)に従って計算された偶数順位 x_{2i} の復元されたサンプルを含むデジタル信号を出力する。

【0127】

【0132】次に図12を参照して、フィルタU2について詳述する。このフィルタU2は式 $U_2(z) = \sum v_k \cdot z^{*k}$ で表される。但し、ここで Σ は $k = (1 - n_l)$ から $(n_l - 1)$ までの総和を示す。

【0133】論文“リフティング・スキーム：双直交型のウェーブレットのカスタム設計組み立て”(Wim Sweldens, “応用及び演算調和分析”で発表、3(2):p.186-200, 1996年)で提示されているように、係数 $\{v_k\}$ のセットは、Deslauriers-Dubucに由来する補間回路フィルタ群 $P_1(z)$ から組み立てられる。フィルタ $U_2(z)$ とフィルタ $P_1(z)$ との間の関係は、 $U_2(z) = (1 - P_1(z)) / (1 - z^{*-1})$ である。なお、「 z^{*-1} 」は z の -1 乗を示している。

【0134】ここでパラメータ n_l の三つの値(2, 3, 4)に対する、フィルタU2の三つの例は以下のように与えられる。

【0135】 $n1=2$ の場合、フィルタ $U1$ は、係数 $v-1=1/16$, $v0=1/2$, $v1=-1/16$ を含む。

【0136】 $n1=3$ の場合、フィルタ $U2$ は、係数 $v-2=-3/256$, $v-1=22/256$, $v0=1/2$, $v1=-22/256$, $v2=3/256$ を含む。

【0137】 $n1=4$ の場合、フィルタ $U2$ は、係数 $v-3=5/2048$, $v-2=-44/2048$, $v-1=201/2048$, $v0=1/2$, $v1=-201/2048$, $v2=44/2048$, $v3=-5/2048$ を含む。

【0138】 次に図 13 を参照して、フィルタ $Q2$ について詳述する。このフィルタ $Q2$ は式 $Q2(z) = \sum q_k \cdot z^k$ で表される。但し、 \sum は $k = (1 - m1)$ から $m1$ までの総和を示している。

【0139】 本実施の形態によれば、係数 q_k のセットは三つのセットの中から選ばれる。第一のセット ($m1=2$ の場合) には、係数 $q-1=5/16$, $q0=0$, $q1=-5/16$ が含まれる。第二のセット ($m1=3$ の場合) には、係数 $q-2=-1/16$, $q-1=6/16$, $q0=0$, $q1=-6/16$, $q2=1/16$ が含まれる。また第三のセット ($m1=4$ の場合) には、係数 $q-3=1/256$, $q-2=-16/256$, $q-1=93/256$, $q0=0$, $q1=-93/256$, $q2=16/256$, $q3=-1/256$ が含まれる。

【0140】 フィルタ $U2$ の中のいずれか一つをフィルタ $Q2$ の中のいずれか一つと組み合わせることが可能である。しかし、理論的にもまた実験的にも一定の組み合わせの方が優れた性能を有する。

【0141】 好適な組み合わせが図 14 に示されている。第一の好適な組み合わせには $n1=2$ に対応するフィルタ $U2$ と $m1=2$ に対応するフィルタ $Q2$ とが含まれる。このように作成された基本分析/合成装置は 6/10 フィルタである。

【0142】 第二の好適な組み合わせには $n1=2$ に対応するフィルタ $U2$ と、 $m1=3$ に対応するフィルタ $Q2$ とが含まれる。このように作成された基本分析/合成装置は 6/14 フィルタである。

【0143】 第三の好適な組み合わせには $n1=3$ に対応するフィルタ $U2$ と $m1=3$ に対応するフィルタ $Q2$ とが含まれる。このように作成された基本分析/合成装置は 10/18 フィルタである。

【0144】 以上示した全ての計算式について、従来のようにエッジ問題を解決する。即ち任意の非存在サンプルを対称反射原理などによって決定した他のサンプルと交換する。

【0145】 さらに、中間式を形成するために、以上示した全ての計算式に因数を掛けてもよく、次いでこれらの計算式を正規化して提示された結果が得られる。これによって近似化エラーを低減すること、及び／又は乗算回数を減らすことが可能となる。

【0146】 実行を簡単にするために、本発明の実施の形態によって構成された全てのフィルタが 2 のべき乗の

分母を持つ係数を有するとことに留意されたい。これは、2 のべき乗による除法をビットのシフティングによって行うことができるという理由のためである。

【0147】 さらに、以上説明した装置の構成要素の各々の動作を行うプログラムによって装置 10 (図 3) で、図 5、図 6、図 10 及び図 11 の変換装置を実現することができる。加えて、適切に、即ちあるサンプルを計算するために使用した別のサンプルの代わりに、計算したサンプルを格納する場合に計算によって実行することができる。

【0148】 当然のことながら、本発明は以上説明し述べられた実施例に限定されるものではなく、それとは全く反対に当業者の能力の範囲内でいかなる変形をも包含するものである。

【0149】

【発明の効果】 以上説明したように本発明によれば、従前のフィルタよりも、符号化効率或は符号化性能が良く、出力／歪み比をより向上させたデジタル・フィルタ装置及びそのフィルタリング方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態に係るデータ処理装置の概略を示すブロック図である。

【図 2】 本発明の実施の形態に係るデータ処理装置の概略を示すブロック図である。

【図 3】 本発明の実施の形態に係るデータ処理装置の構成を示すブロック図である。

【図 4】 図 1 のデータ処理装置に含まれる変換回路の構成を示すブロック図である。

【図 5】 本発明の実施の形態に係る基本的な変換装置の構成を示すブロック図である。

【図 6】 本発明の実施の形態に係る基本的な変換装置の構成を示すブロック図である。

【図 7】 図 5 と図 6 の基本変換装置で使用されるフィルタのセットを説明する図である。

【図 8】 図 5 と図 6 の基本変換装置で使用されるフィルタのセットを説明する図である。

【図 9】 図 5 と図 6 の基本変換装置で使用されるフィルタのセットの好適な組み合わせを説明する図である。

【図 10】 本発明の実施の形態に係る基本変換装置の構成を示すブロック図である。

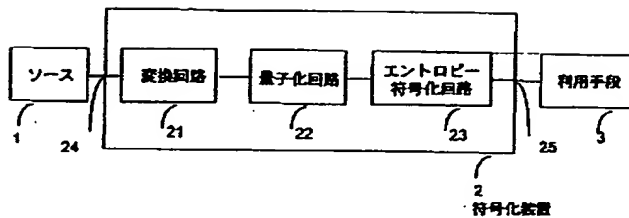
【図 11】 本発明の実施の形態に係る基本変換装置の構成例を示すブロック図である。

【図 12】 図 10 と図 11 の基本変換装置で使用されるフィルタセットを説明する図である。

【図 13】 図 10 と図 11 の基本変換装置で使用されるフィルタセットを説明する図である。

【図 14】 図 10 と図 11 の基本変換装置で使用されるフィルタセットの好適な組み合わせを説明する図である。

【図 1】



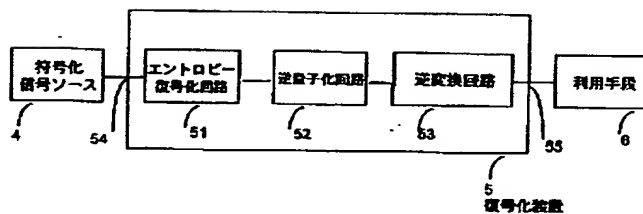
【図 8】

n	u(-2)	u(-1)	u(0)	u(1)	u(2)	u(3)
1			5/16	5/16		
2		-1/16	5/16	5/16	-1/16	
3	1/256	-15/256	78/256	78/256	-15/256	1/256

【図 14】

フィルタ	n1	m1
6/10	2	2
6/14	2	3
10/18	3	3

【図 2】



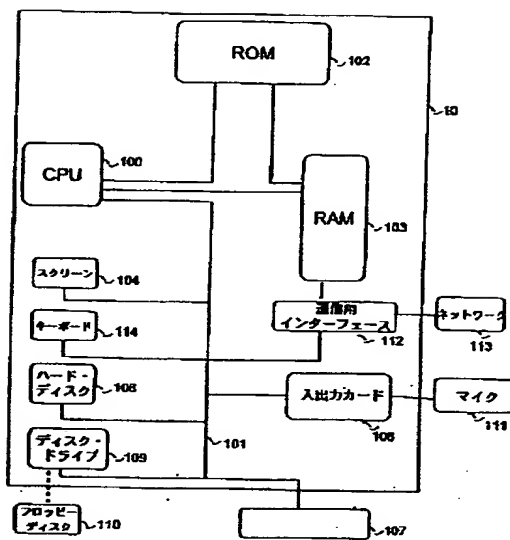
【図 9】

フィルタ	m	n
9/7	2	1
13/7	2	2
17/11	3	2

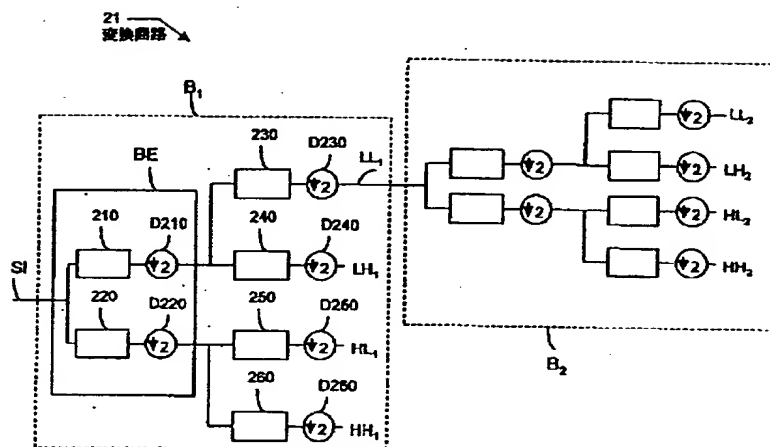
【図 13】

m1	q(-3)	q(-2)	q(-1)	q(0)	q(1)	q(2)	q(3)
2			5/16	0	-5/16		
3		-1/16	6/16	0	-6/16	1/16	
4	1/256	-16/256	93/256	0	-93/256	16/256	-1/256

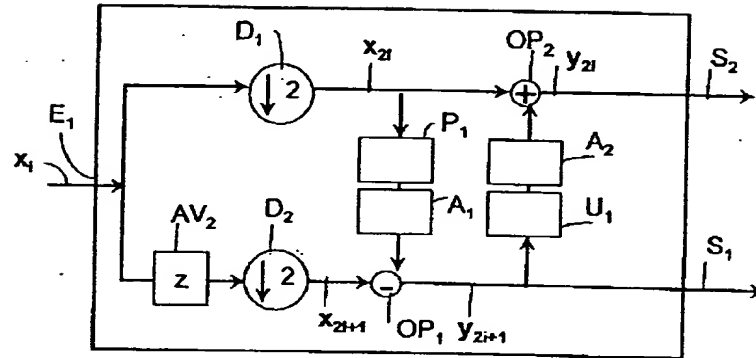
【図 3】



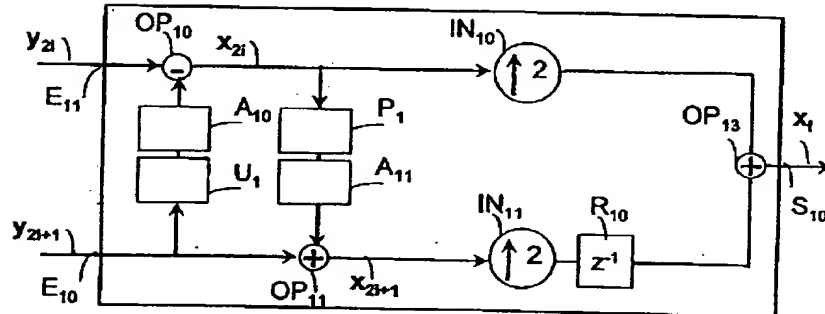
【図 4】



【図 5】



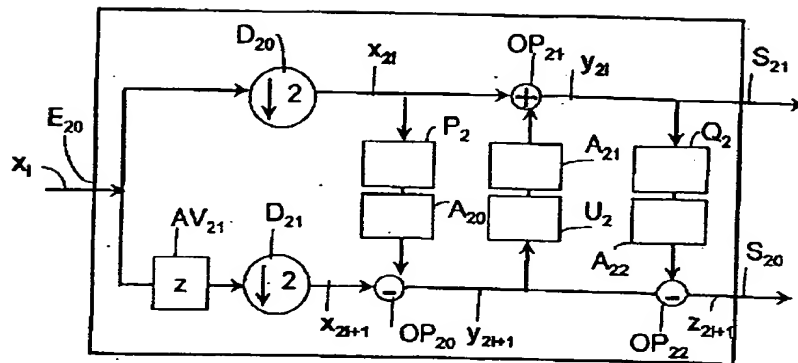
【図 6】



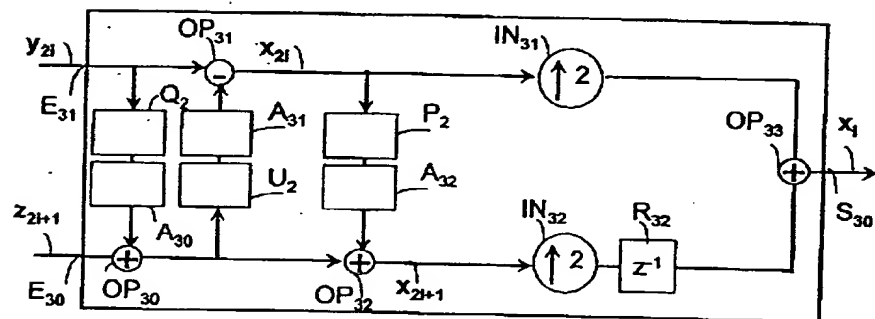
【図 7】

m	p(-3)	p(-2)	p(-1)	p(0)	p(1)	p(2)	p(3)	p(4)
1				1/2	1/2			
2			-1/16	9/16	9/16	-1/16		
3		3/256	-25/256	150/256	150/256	-25/256	3/256	
4	-5/2048	49/2048	-245/2048	1225/2048	1225/2048	-245/2048	49/2048	-5/2048

【図 10】



【図 11】



【図 1 2】

$n1$	$v(-3)$	$v(-2)$	$v(-1)$	$v(0)$	$v(1)$	$v(2)$	$v(3)$
2			$1/16$	$1/2$	$-1/16$		
3		$-3/256$	$22/256$	$1/2$	$-22/256$	$3/256$	
4	$5/2048$	$-44/2048$	$201/2048$	$1/2$	$-201/2048$	$44/2048$	$-5/2048$

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.